



SKRIPSI

**Studi Kelayakan Penggunaan *Gas Engine*
Sebagai *Main Propulsion* Pada Kapal Roro
Ferry di Indonesia**

**Victor Clinton Nainggolan
NRP 4211 100 110**

**Dosen Pembimbing 1:
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



FINAL PROJECT

**Feasibility Study The Use of Gas Engine For
Main Propulsion In Roro Ferry Boat in
Indonesia**

**Victor Clinton Nainggolan
NRP 4211 100 110**

**Supervisor 1:
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.**

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN
Studi Kelayakan Penggunaan Gas Engine
Sebagai Main Propulsion Pada Kapal Roro
Ferry di Indonesia

Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh :

Victor Clinton Nainggolan

NRP. 4211 100 110

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng

NIP : 1958 0807 1984 03 1001

SURABAYA

Juli, 2015



LEMBAR PENGESAHAN
Studi Kelayakan Penggunaan Gas Engine
Sebagai Main Propulsion Pada Kapal Roro
Ferry di Indonesia

Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh :

Victor Clinton Nainggolan
NRP. 4211 100 110

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

1. Alam Baheramsyah Ir., M.Sc.



SURABAYA
Juli, 2015

STUDI KELAYAKAN PENGGUNAAN GAS ENGINE SEBAGAI MAIN PROPULSION PADA KAPAL RORO FERRY DI INDONESIA

Nama Mahasiswa : Victor Clinton Nainggolan
NRP : 4211 100 110
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Alam Baheramsyah M.Sc.

Abstrak

Penggunaan *gas engine* merupakan salah satu pilihan untuk menghemat bahan bakar terutama yang berbahan bakar LNG. Namun penggunaan *gas engine* ini memiliki nilai investasi yang besar. Terutama apabila digunakan pada kapal *ferry roro*. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kelayakan penggunaan *Marine Gas Engine Caterpillar* secara teknis dan ekonomis pada kapal *Ferry*. Untuk kelayakan secara ekonomis berdasarkan penghematan biaya bahan bakar. Untuk melakukan penelitian ini dibutuhkan beberapa tahap yaitu penentuan jalur dan *ferry* yang digunakan untuk penelitian ini. Dipilihlah kapal KMP legundi dengan rute pelayaran Merak-Bakauheni dengan daya engine 2x3500HP. Kemudian dicari tahanan dari kapal tersebut dan didapatkan sebesar 244.674 kN. Dan BHP minimal dari kapal tersebut dihitung dan didapatkan sebesar 5386.31 HP. Dipilihlah *gas engine Caterpillar G3516C* dengan daya mesin 1622kW dan daya generator 1555kW sebanyak 4 buah. Kebutuhan bahan bakar untuk *diesel engine* sebesar 96874.71liter/bulan. Tangki LNG dan *vaporizer* menggunakan *wartsila LNGPac* yang sudah komponen tersebut sudah termasuk di dalamnya semua. *Electric converter* dan motor listrik menggunakan *General Electric* dengan tipe MV7000 dan MV560 dengan daya motor listrik 3500HP. Kebutuhan bahan bakar LNG untuk *gas engine* sebesar 3925.57mmbtu/bulan. Biaya yang dikeluarkan pertahun untuk bahan bakar solar adalah sebesar 2,456,792.71US\$/tahun dan

untuk bahan bakar LNG sebesar 600,612.67US\$/tahun. Sehingga biaya bahan bakar yang dapat dihemat adalah sebesar 1,856,180.03US\$/tahun. Perhitungan NPV dan IRR untuk menguji kelayakan investasi ini secara ekonomis. Dihasilkan nilai NPV sebesar 7,553,368.08US\$ dan IRR yang juga positif sebesar 34%. Sehingga investasi ini dianggap *feasible* bila hanya berdasarkan penghematan bahan bakar dan *initial cost* berdasarkan *gas engine* saja.

Kata Kunci: Ferry Roro di Indonesia, Gas Engine, LNG, Caterpillar, Penghematan Biaya Bahan Bakar, Investasi.

FEASIBILITY STUDY THE USE OF GAS ENGINE FOR MAIN PROPULSION IN RORO FERRY BOAT IN INDONESIA

Nama Mahasiswa : Victor Clinton Nainggolan
NRP : 4211 100 110
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Alam Baheramsyah M.Sc.

Abstract

The use of gas engine is one option to save fuel mainly fueled by LNG. However, the use of the gas engine has a substantial investment value. Especially when used on ro-ro ferry. This study aimed to determine the feasibility of the use of Marine Gas Engine Caterpillar technically and economically on a ferry boat. For economic feasibility based on fuel savings cost. To conduct this research takes several stages, determination of ferry and shipping lines were used for this study. Selected ship KMP Legundi that cruise Merak-Bakauheni with 2x3500HP engine power. Then look for ship resistance and obtained amounted to 244 674 kN. And BHP minimum of the vessel is calculated and obtained by 5386.31 HP. Caterpillar G3516C gas engine selected by the engine power 1622kW and generator power 1555kW by 4 units. Fuel for diesel engines is calculated 96874.71liter / month. LNG fuel for the gas engine is calculated 3925.57mmbtu / month. LNG tank and vaporizer is using wartsila LNGPac that already include both of them. Electric plant and electric motor is using General Electric which type is MV7000 and MV560 that generate 3500HP. Costs incurred for diesel fuel per year amounted 2,456,792.71US\$/year and for LNG fuel 600,612.67US\$/year. So the cost of fuel can be saved is by 1,856,180.03US\$/year. NPV

and IRR calculations are to test the feasibility of this investment economically. Resulting NPV of 7,553,368.08US\$ and IRR were also negative at 34%. So this investment is considered to be feasible if it is only based on fuel savings and initial cost which is gas engines price.

Keywords: Roro Ferry in Indonesia, Gas Engine, LNG, Caterpillar, Fuel Cost Savings, Investment.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan berkat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan laporan tugas akhir saya dengan judul, “*Studi Kelayakan Penggunaan Gas Engine Sebagai Main Propulsion Pada Kapal Roro Ferry di Indonesia*” tepat waktu.

Adapun terselesainya penelitian dan penulisan Skripsi ini tidak lepas dari peran berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam segala hal. Atas segala bantuannya, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan hikmat dan berkat-Nya sehingga memampukan saya dalam menyelesaikan serangkaian penelitian ini.
2. Bapak Dr. Ir AA Masroeri, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
3. Bapak Dr. I Made Ariana ST. MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Ir. Alam Baheramsyah M.Sc. selaku dosen pembimbing dan dosen wali yang memberikan ilmu dan motivasi kepada saya.
5. Bapak Sutopo Purwono F. ST, M.Eng, Ph.D selaku Kepala Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem FTK – ITS.
6. Bapak Heru Hermawan, Joko Susilo, dan semua pihak PT. Trakindo yang telah membimbing dan mendukung saya selama pengerjaan skripsi ini.

7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS, saya ucapkan terimakasih atas bimbingan dan didikannya selama ini.
8. Kedua orangtuaku dan kakakku yang selalu mendukungku disaatku susah dan memberikan segala bantuan yang kuperlukan.
9. Saudaraku AMPIBI 11 – Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2011 atas dukungan dan bantuannya selama ini.
10. Teman-teman di Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem dan Laboratorium Getaran dan Mesin Kapal yang telah memberikan semangat kepada saya.
11. Keluargaku selama di ITS, Tanjung, Akmal, Victor, Omen, Pepeb, Tebon, Fachrul, Ucik, Putri, Yosi yang selalu ada disaat senang dan sedih.
12. Laurensia Karina Astriani yang telah memberikan semangat lebih dan dukungan cinta di akhir perkuliahanku di ITS.
13. Semua pihak yang terlibat dalam pengerjaan laporan tugas akhir yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Selaku penulis kami menyadari terdapat beberapa kekurangan ataupun hal yang kurang berkenan bagi pembaca. Penulis mohon maaf atas segala kesalahan penulis maupun kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Kritik dan saran dari pembaca kami butuhkan untuk penyusunan laporan yang lebih baik lagi. Terima kasih.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Liquefied Natural Gas	5
2.2 Potensi Konversi Menggunakan Bahan Bakar LNG	8
2.3 Tahanan Kapal	10
2.4 Analisa Investasi	11
2.5 Tipe-Tipe Gas Engine	13
2.6 Jenis-Jenis Bahan Bakar Kapal	14
2.7 Jenis-Jenis Kapal Ferry	15
BAB III.....	19
METODOLOGI	19

3.1	Penentuan Jalur dan Kapal <i>Ferry</i>.....	19
3.2	Studi Literatur <i>Marine Diesel Engine</i> dan Kapal Ferry 19	
3.3	Menentukan <i>Marine Gas Engine</i>	19
3.4	Menghitung Penggunaan Bahan Bakar Diesel	19
3.5	Menghitung Penggunaan Bahan Bakar LNG	20
3.6	Analisa Ekonomi.....	20
3.7	<i>Flow chart</i> Metodologi Penelitian.....	21
BAB IV.....		23
PEMBAHASAN.....		23
4.1	Data Kapal <i>Ferry Ro-Ro</i> dan Rute Penyeberangan	23
4.2	Perhitungan Tahanan Kapal	25
4.3	Daya yang Dibutuhkan	31
4.3	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar	35
4.4	Perhitungan dan Pemilihan LNG <i>Tank, Vaporizer</i> dan <i>Electric Plant</i>.....	40
4.5	Analisa Ekonomi.....	43
BAB V		49
KESIMPULAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN		53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Biaya konversi	9
Tabel 2. 2 Estimasi NPV dengan <i>interest rate</i> 7%	9
Tabel 2. 3 Volume bahan bakar di kapal	10
Tabel 4. 1 NPV dari <i>fuel saving</i>	46

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 LNG Tank pada kapal LNG Carrier (http://www.macrobusiness.com.au/wp-content/uploads/2012/07/moss_LNG_tank.jpg)	5
Gambar 2. 2 LNG Fuel Tanks dan Gas Engine	8
Gambar 2. 3 Perbandingan berat antar bahan bakar dan Perbandingan volume antar bahan bakar	10
Gambar 2. 4 Gaya yang bekerja pada kapal	11
Gambar 2. 5 Kapal Ferry Roro	16
Gambar 2. 6 Kapal Ferry Hydrofoil	16
Gambar 2. 7 Kapal Hovercraft	17
Gambar 2. 8 Kapal Ferry dengan Platform Berputar	18
 Gambar 3. 1 Flow chart pengerjaan	 21
 Gambar 4. 1 General Arrangement KMP Legundi	 24
Gambar 4. 2 Grafik $Lwl/\nabla_{13} = 6.5$ dan $Lwl/\nabla_{13} = 6$	27
Gambar 4. 3 Koreksi anggota badan kapal berdasarkan Harvald	28
Gambar 4. 4 Tahanan Tambahan berdasarkan Harvald	29
Gambar 4. 5 Tahanan Udara dan Kemudi berdasarkan Harvald	30
Gambar 4. 6 Skema Sistem Propulsi Gas Engine (Generator Set)	31
Gambar 4. 7 Caterpillar Gas Engine (Generator Set) G3516C ...	34
Gambar 4. 8 Tampilan dalam GE MV7000	42
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Biaya Bahan Bakar	45
Gambar 4. 10 Grafik PV Setiap Tahun	47

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transportasi laut di Indonesia merupakan salah satu transportasi utama, dimana Indonesia merupakan Negara Kepulauan. Transportasi laut menjadi sangat penting, karena pemerataan pembangunan seluruh Indonesia bergantung dari transportasi laut. Salah satu sarana penting lainnya adalah sarana penyeberangan antar pulau, untuk penumpang maupun kendaraan.

Transportasi laut memiliki biaya yang sangat besar. Mulai dari biaya pembangunan kapal baru atau pembelian kapal bekas dan juga biaya *maintenance*. Salah satu yang menguras biaya terbanyak adalah biaya bahan bakar. Dimana harga bahan bakar minyak sekarang melambung tinggi disebabkan kelangkaan bahan bakar minyak. Harga bahan bakar minyak sekarang mencapai 751US4/kL. Namun dalam perkembangannya banyak *propulsion engine* yang menggunakan *Liquefied Natural Gas* (LNG) sebagai bahan bakar. Karena harga bahan bakar gas yang murah sehingga penggunaan bahan bakar gas semakin populer. Penggunaan bahan bakar gas ini juga menghasilkan emisi yang ramah lingkungan karena rendah sulfur dan NOx. Serta beberapa lembaga internasional yang menetapkan aturan mengenai emisi.

Potensi gas alam Indonesia masih menjanjikan. Menurut kementerian ESDM, 2008 mencapai 170 TSCF dan produksi pertahun mencapai 2,87 TSCF , sehingga dengan komposisi tersebut Indonesia memiliki *reserve to production* (R/P) mencapai 59 tahun. Sehingga penggunaan gas alam di Indonesia masih menguntungkan hingga 59 tahun mendatang.

Beberapa keuntungan dalam penggunaan gas engine adalah sebagai berikut:

- Lebih hemat biaya, karena bahan bakar lebih bersih karena nilai oktannya tinggi serta pembakaran lebih sempurna tanpa perawatan mesin yang berlebihan.
- Terdapat sistem *dual fuel* yang diberikan memberikan rasa nyaman pada penggunaan bahan bakar, sehingga bahan yang digunakan dapat dipilih sesuai kebutuhan.
- Ramah lingkungan karena menghasilkan pembakaran yang sempurna. Nilai NO_x dan SO_x yang rendah.
- Tabung dan peralatan lainnya memiliki standar keamanan internasional. Mempunyai kontrol yang kuat dan tidak mengganggu fungsi utama. Sehingga kerusakan atas peralatan memiliki nilai yang tinggi.

Namun untuk penggunaan propulsi yang menggunakan bahan bakar gas juga membutuhkan investasi yang besar. Dimana biaya komponen-komponen penunjang yang sangat mahal. Baik komponen penunjang di dalam kapal maupun di pelabuhan. Dalam skripsi ini membandingkan *Net Present Value* (NPV) dari penghematan bahan bakar antara bahan bakar gas dengan bahan bakar minyak pada suatu kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi untuk penerapan secara ekonomis dari *Natural Gas Engine* untuk industri perkapalan di Indonesia dari segi penghematan biaya bahan bakar.

1.2 Perumusan Masalah

Studi ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan penggunaan gas engine pada kapal *ferry roro* di Indonesia. Sehingga banyak permasalahan yang muncul untuk dijawab dalam mengetahui kelayakan dari penggunaan gas engine tersebut.

Permasalahan yang akan dijawab penyelesaiannya adalah:

- Apa yang perlu diperhatikan dalam konversi menjadi menggunakan *gas engine Caterpillar*?
- Berapa besar biaya yang dikeluarkan untuk konversi dari *diesel engine* menjadi *gas engine*?
- Berapa *Net Present Value* dari penghematan bahan bakar selama sepuluh tahun, dan *Payback Period* dari investasi *gas engine*?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian skripsi ini pembatasan permasalahan akan dibatasi dalam beberapa hal sebagai berikut:

- Tidak memperhatikan peletakan *marine gas engine*.
- Tidak memperhatikan peletakan sistem bahan bakar LNG di dalam kapal.
- *Ship Load Profile* kapal disimulasikan.

1.4 Tujuan

- Mengidentifikasi kelayakan penggunaan *Marine Gas Engine Caterpillar* secara teknis dan ekonomis pada kapal *Ferry*. Untuk kelayakan secara ekonomis berdasarkan penghematan biaya bahan bakar.

1.5 Manfaat

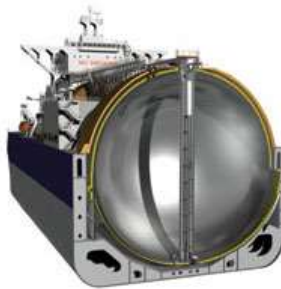
- Memberikan rekomendasi dan pertimbangan lanjutan untuk menginvestasi *Marine Gas Engine* pada perusahaan pelayaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Liquefied Natural Gas

Liquefied Natural Gas adalah gas alam yang dirubah fase dari gas menjadi cair dengan menghilangkan impuritas dan hidrokarbon fraksi berat dan kemudian dikondensasi pada tekanan atmosfer dengan mendinginkan sekitar -160° celcius. Suhu yang sangat rendah ini akan menyebabkan bahaya (*harm*) bagi manusia atau lingkungan sekitar yang menyentuhnya. Dimana fluida jenis ini dapat menyebabkan kerusakan langsung pada jaringan yang hidup. Sehingga diperlukan penanganan khusus untuk mesin fluida yang digunakan saat transportasi LNG. LNG ditransportasikan menggunakan kendaraan khusus yang menggunakan tangki yang telah dirancang khusus. LNG memiliki efisiensi *volumetric* sebesar 1:600.



Gambar 2. 1 LNG Tank pada kapal LNG Carrier
(http://www.macrobusiness.com.au/wp-content/uploads/2012/07/moss_LNG_tank.jpg)

Tangki Penyimpanan LNG biasanya berjenis "*full containment*" yaitu dinding luarnya terbuat dari beton pra-tekan dan dinding dalamnya baja dengan kandungan nikel tinggi serta

insulasi yang sangat efisien di antara kedua dinding itu. Tangki-tangki besar berukuran 95.000 – 170.000 m³, memiliki perbandingan tinggi dan lebar yang rendah dan berbentuk silindris dengan kubah baja atau atap beton. Tekanan penyimpanan dalam tangki jenis ini sangat rendah, kurang dari 1,45 psig. Terkadang digunakan tangki bawah tanah yang lebih mahal untuk penyimpanan. Kalau dalam jumlah sedikit misalnya 700 m³ atau kurang, bisa disimpan dalam bejana tekan horizontal atau vertikal yang dilengkapi dengan jaket vakum.

LNG harus dipertahankan tetap dingin agar selalu dalam fasa cairan. Meskipun dilengkapi insulasi yang efisien, bocoran panas tetap tidak bisa dihindari sepenuhnya ke dalam LNG sehingga menghasilkan penguapan LNG. Hasil penguapan LNG ini disebut '*boil-off gas*' dan berguna untuk mempertahankan LNG tetap dingin. *Boil-off gas* biasanya ditekan dan dikirim sebagai gas alam untuk bahan bakar pembangkit listrik, atau dicairkan kembali kedalam tangki. Pada kapal atau *Floating Storage and Regasification Unit* (FSRU) *boiled off gas* ini digunakan sebagai bahan bakar *Generator-set*, *boiler* atau *Main Engine*.

Untuk mengisi LNG:

1. Pertama-tama yang dilakukan adalah mengeringkan tangki dan *void spaces* dengan menggunakan udara kering. Udara kering dialirkan agar tangki tidak berada dalam keadaan lembab. Jika tangki berada dalam keadaan lembab maka kemungkinan untuk terjadi icing menjadi tinggi.
2. Kemudian, *drying* dan memasukkan inert gas. Proses ini tidak hanya mengalirkan udara kering namun juga mengalirkan inert gas berupa nitrogen. Inert gas dialirkan agar kandungan O₂ di dalam *cargo tanks* menjadi <2% agar tidak terjadi kebakaran saat proses *loading* LNG.

3. *Gassing-Up Tanks* dengan gas methan. Sebelum dimasukkan LNG, tangki harus diperkenalkan kembali ke fluida ini. LNG diambil sedikit dari LNG *Carrier* dan kemudian dialirkan menuju LNG *vaporizer*. Setelah LNG berubah menjadi uap hangat maka uap dialirkan menuju bagian atas dan bagian bawah dari setiap tangki. Untuk mengurangi terjadinya turbulen maka semua tangki dibuka secara paralel. Pada proses ini harus sudah dipastikan bahwa kandungan O_2 di dalam tangki sudah berada dibawah $<2\%$. Selain itu gas yang sudah dialirkan dapat dibuang melalui *vent mast*, dikembalikan ke LNG *Carrier* ataupun untuk suplai kebutuhan *boiler*.
4. *Cargo Tanks Cool Down*. LNG memiliki suhu dingin yang ekstrim yaitu berkisar $-160^{\circ}C$. Oleh sebab itu sebelum LNG dimasukkan dalam jumlah yang besar, tangki harus didinginkan dengan LNG yang disemprotkan melalui nosel sehingga menjadi kabut dari LNG *Carrier*. Hal ini dilakukan bertujuan agar tangki tidak mengalami *thermal stress*.
5. *Liquid Pipeline Cool-Down* sebelum *Loading*. Tidak hanya tangki namun jalur *pipeline* juga harus didinginkan. Proses pendinginan dilakukan pada *loading arms* dan *manifold* dimana proses ini dilakukan bersamaan dengan dialirkan LNG saat *loading*. Namun LNG dialirkan dalam kapasitas yang sedikit terlebih dahulu sampai dengan suhu di *pipeline* mencapai sekita $-158^{\circ}C$, selanjutnya LNG dapat dialirkan dalam kapasitas yang dibutuhkan.

2.2 Potensi Konversi Menggunakan Bahan Bakar LNG

Dengan kenaikan harga bahan bakar diesel, sektor transportasi di Amerika mencari alternatif dan bahan bakar yang lebih bersih untuk perkembangan yang baik dan memberikan pelayanan yang baik. Salah satunya caranya yaitu dengan mengkonversi kapal menjadi menggunakan bahan bakar gas, namun biaya yang dibutuhkan dapat balik modal dengan waktu 10 tahun atau lebih.

Hal ini tidak berlaku untuk semua proyek dengan tingginya biaya konversi. Dalam biaya konversi yang memiliki biaya tinggi adalah meng-*install LNG fuel storage containers*, perpipaan, dan *safety systems/vessel modifications* yang sesuai. Perkiraan besarnya biaya untuk mengkonversi beberapa kapal tunda, *ferry*, dan *bulk carrier* yang digunakan di *Great Lakes*.



Gambar 2. 2 LNG Fuel Tanks dan Gas Engine

(http://img.nauticexpo.com/images_ne/photo-g/supply-system-ships-lng-fuel-24872-6476811.jpg)

Pada table berikut hanya sebagai ilustrasi, akan ada perbedaan biaya untuk ukuran kapal dan konfigurasi kapal yang berbeda

Order of Magnitude Costs to Convert Typical Marine Vessels to LNG Operation

Type	Size (tons)	Engines	Engine Cost	Fuel System Cost	TOTAL CONVERSION COST
Tug	150	2 x 1500 HP	\$1.2 million	\$6.0 million	\$7.2 million
Ferry	1000	2 x 3000 HP	\$1.8 million	\$9.0 million	\$10.8 million
Great Lakes Bulk Carrier	19000	2 x 5000 HP	\$4.0 million	\$20 million	\$24 million

Tabel 2. 1 Biaya konversi

Pada table dibawah ini memperlihatkan *present value* untuk 10 tahun dari penghematan biaya bahan bakar dengan asumsi *interest rate* adalah 7%

Fuel Usage of Model Vessels

Type	Fuel	Annual Demand (gal)	Annual Equivalent LNG Demand (gal)	Annual Energy Demand (Therm)	Present Value 10-year Fuel Savings (7% Discount Rate)	Net Present Value of the Project
Tug	Distillate	424,000	768,221	583,848	\$6.9 million	-\$0.28 million
Ferry	Distillate	678,400	1,229,154	934,157	\$11.1 million	-\$0.27 million
Great Lakes Bulk Carrier	Residual	2,080,064	4,097,779	3,373,856	\$20.6 million	-\$3.4 million

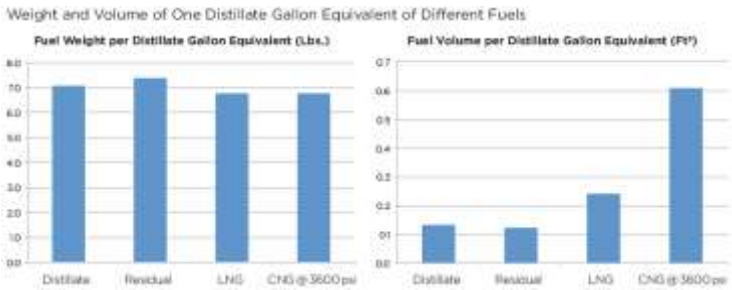
Tabel 2. 2 Estimasi NPV dengan *interest rate* 7%

Namun dalam *payback period* terdapat keterlambatan dimana untuk tug *payback period*-nya lebih dari sepuluh tahun, untuk kapal *ore carrier/bulk carrier payback period*-nya sekitar 12 tahun.

Hanya kapal *ferry* yang dapat tepat waktu untuk *payback period*. Terdapat tiga faktor yang mempengaruhi ekonomi dari setiap proyek yaitu:

1. *Annual vessel utilization* dan penggunaan bahan bakarnya
2. Harga LNG
3. Biaya konversi kapal.

Berikut adalah perbandingan berat dan volume antara *marine distillate fuel*, *marine residual fuel*, LNG, dan CNG pada tekanan 3600 psi untuk menyediakan energi senilai 137,300 Btu.



Gambar 2. 3 Perbandingan berat antar bahan bakar dan Perbandingan volume antar bahan bakar.
(American Clean Skies Foundation, *Natural Gas For Marine Vessels U.S Market Opportunities*. 2012)

Dan pada table berikut menampilkan bahan bakar yang digunakan dan *volume on-board fuel storage* yang digunakan pada tiga jenis kapal.

Fuel Usage and Fuel Storage Volumes for Typical Marine Vessels

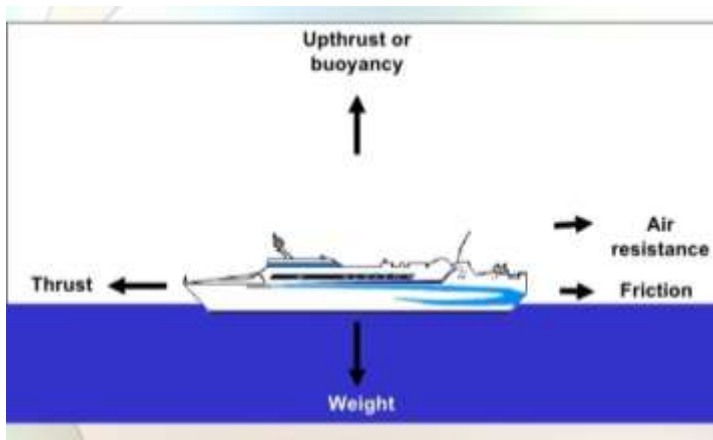
Vessel	Fuel Type	HP	Daily Fuel Use [gal]	Typical Minimum On-board Fuel Storage		Volume of On-board Fuel Storage		
				[days]	[gal]	Dist. or Residual [ft³]	LNG [ft³]	CNG [ft³]
Towing Tug	Distillate	3,000	1,417	14	20,000	2,674	4,830	12,178
100-car Ferry	Distillate	6,000	2,268	7	16,000	2,139	3,864	9,742
Great Lakes Ore Carrier	Residual	10,000	6,934	21	145,000	19,385	38,183	96,264

Tabel 2. 3 Volume bahan bakar di kapal

2.3 Tahanan Kapal

Tahanan kapal (*ship resistance*) memiliki hubungan yang erat dengan propulsi kapal dan saling memiliki ketergantungan.

Tahanan kapal digunakan untuk mencari kebutuhan gaya dorong (*thrust*) yang dibutuhkan oleh kapal, sehingga kapal dapat memenuhi kecepatan dinasnya. Ketika kapal bergerak badan kapal akan mengalami gaya hambat yang memiliki arah yang berlawanan dengan arah gerak kapal.



Gambar 2. 4 Gaya yang bekerja pada kapal
 (<http://image.slidesharecdn.com/forcesbasicsstuver-100518122558-phpapp01/95/forces-basics-20-728.jpg?cb=1274204438>)

Gaya hambat tersebut merupakan dari air dan juga udara. Massa air dan udara mungkin juga bergerak karena kondisinya, sebagai contoh massa air yang digerakkan oleh arus air dan massa udara yang digerakkan oleh angin. Maka tahanan kapal diperhitungkan dalam kondisi air yang tenang dan tidak ada angin yang berhembus, yang kemudian tahanan kapal diberikan tambahan dan koreksi terhadap kedua faktor tersebut.

2.4 Analisa Investasi

Sebagai langkah awal dalam melakukan analisis investasi terlebih dahulu harus mengumpulkan informasi dan data yang dibutuhkan dalam proyek yang akan dilaksanakan. Kemudian

dapat menghitung kelayakan investasi dengan memperhatikan tingkat suku bunga yang berlaku dan proyeksi harga dan volume penjualan produk yang dihasilkan. Kelayakan investasi dapat dihitung dengan berbagai pendekatan.

2.4.1 *Pay Back Period* dan *Break Event Point*

Break Event Point adalah untuk menghitung tingkat total revenue sama dengan total cost ($TR = TC$). Tingkat BEP dapat dilihat dari segi jumlah produksi, lamanya waktu pengembalian biaya dan jumlah biaya yang dikeluarkan. Pada dasarnya BEP untuk mengetahui berapa lama investasi dapat kembali atau sering disebut dengan *Pay Back period*.

2.4.2 *Net Present Value (NPV)*

NPV adalah perhitungan kriteria investasi yang berasal dari *net benefit* yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital (SOCC)* sebagai *discount factor (df)* rumus untuk menghitung NPV sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NB_i}{(1+i)^n} \text{ atau } NPV = \sum_{i=1}^n B_i^{\wedge} - C_1^{\wedge} \sum_{i=1}^n NB_i^{\wedge}$$

Dimana:

NB	= <i>Net Benefit = Benefit – Cost</i>
C	= Biaya investasi + Biaya Operasi
B [^]	= Biaya yang telah didiskon
C [^]	= Cost yang telah didiskon
i	= <i>discount factor</i>
n	= tahun (waktu)

2.5.3 *Internal Rate of Return (IRR)*

Perhitungan kriteria IRR adalah suatu tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV sama dengan 0. Dengan demikian apabila hasil perhitungan IRR lebih besar dari *Social Opportunity*

Cost of Capital (SOCC) dikatakan proyek tersebut *feasible* atau dapat dijalankan, bila sama dengan SOCC berarti pulang pokok dan dibawah SOCC proyek tidak *feasible*.

Untuk menentukan nilai IRR harus dihitung NPV1 dan NPV2 dengan coba-coba (atau dengan cara interpolasi). Apabila nilai NPV1 telah menunjukan angka positif maka *discount factor* yang kedua harus lebih besar dari SOCC dan sebaliknya apabila NPV1 menunjukan angka negatif *discount factor* kedua harus di bawah SOCC atau *discount factor*. Apabila terdapat beberapa proyek yang harus dipilih, maka yang memiliki IRR yang besar yang harus dipilih.

$$IRR = i + \frac{NPV_1}{(NPV_1 - NPV_2)} (i_2 - i_1)$$

Dimana :

- i1 = tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV1
- i2 = tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV2

2.5 Tipe-Tipe Gas Engine

Terdapat beberapa jenis motor bakar berbahan bakar natural gas, yaitu:

- CNG
CNG (*Compress Natural Gas*) adalah tipe motor bakar yang berbahan bakar gas tetapi disesuaikan komponen tetapi disesuaikan komponen pokok dengan berbahan bakar gas yang berupa metana
- LGV
LGV (*Liquified Gas for Vehicle*) adalah tipe motor bakar gas dan dikhususkan untuk kendaraan bermotor dengan

kombinasi bahan yang terdiri atas gas propan dan butan. Bahan bakar ini cocok untuk *engine* dengan fungsi yang hampir sama dengan mesin *otto* atau mesin dengan bahan bakar bensin.

Selain itu terdapat gas engine yang mampu berbahan bakar lebih dari satu atau lebih dikenal dengan *dual fuel engine*. Motor bakar ini dapat menggunakan gas alam atau bahan bakar minyak. Bahkan terdapat motor bakar dengan menggunakan keduanya dengan rasio tertentu.

2.6 Jenis-Jenis Bahan Bakar Kapal

Terdapat beberapa jenis bahan yang digunakan di kapal disesuaikan jenis kapal, kegunaan kapal, dan permintaan *owner*. Berikut adalah jenis bahan bakar yang digunakan:

- HFO
HFO (*Heavy Fuel Oil*) adalah bahan bakar kapal yang memiliki densitas yang paling tinggi. Sehingga membutuhkan pemanasan terlebih dahulu sebelum dipindahkan. HFO tidak berasal dari penyulingan melainkan dari residu dan memiliki warna gelap. Digunakan untuk industri besar, *steam power* dan untuk kebutuhan yang mempertimbangkan tentang harga bahan bakar.
- MDO
MDO (*Marine Diesel Oil*) adalah bahan bakar kapal yang hasil dari penyulingan yang berwarna hitam yang berbentuk cair pada temperatur rendah. Biasa digunakan

pada *medium speed engine*. Biasa disebut IDO (*Industrial Diesel Oil*) atau MDF (*Marine Diesel Fuel*).

- HSD
HSD (*High Speed Diesel*) adalah bahan bakar kapal hasil penyulingan dengan densitas paling rendah. Bahan bakar HSD biasanya digunakan untuk *high speed diesel engine*. Di Indonesia bahan bakar ini disebut dengan solar.
- CNG dan LNG
CNG (*Compressed Natural Gas*) dan LNG (*Liquified Natural Gas*) adalah bahan bakar gas yang diambil langsung dari dalam bumi. Yang membedakan dari kedua tipe bahan bakar ini adalah *volumetric efficiency* dimana untuk CNG adalah 1:200 sedangkan LNG adalah 1:600.

2.7 Jenis-Jenis Kapal Ferry

Kapal Ferry adalah kapal yang memiliki fungsi sebagai kapal penyeberangan. Kapal ini mampu manpung penumpang dan juga kendaraan bermotor dari roda dua hingga truk atau bus. Kapal ferry memiliki beberapa jenis, antara lain adalah sebagai berikut:

- Ujung ganda
Kapal ferry dengan jenis ini memiliki bagian depan dan belakang yang dapat terbuka. Kapal ferry ini dapat berlayar dalam satu trip tanpa harus memutar. Sehingga kendaraan bisa masuk melalui bagian buritan atau haluan kapal.



Gambar 2. 5 Kapal Ferry Roro

(<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e0/Ferrytobermory.jpg/800px-Ferrytobermory.jpg>)

- *Hydrofoil* dan Katamaran
Kedua jenis ferry ini hanya dapat menampung penumpang saja. Ferry dengan jenis ini mampu berlayar dengan kecepatan yang tinggi.



Gambar 2. 6 Kapal Ferry Hydrofoil

(<http://www.darkroastedblend.com/2012/07/history-of-hydrofoils.html>)

- *Hovercraft*

Hovercraft juga termasuk dalam kapal ferry. Kapal ini terdapat jenis yang hanya mampu mengangkut penumpang saja hingga mampu mengangkut mobil. *Hovercraft* juga mampu berlayar hingga kecepatan tinggi. Selain itu *hovercraft* juga mampu berjalan di darat.



Gambar 2. 7 Kapal Hovercraft

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/SRN4_Hovercraft_Mountbatten_Class.jpg/800px-SRN4_Hovercraft_Mountbatten_Class.jpg)

- Feri Kabel

Feri adalah feri untuk jarak yang dekat dimana feri digerakkan dan di kendalikan dengan menggunakan kabel yang disambung di kedua sisi. Feri rantai dapat digunakan di sungai yang berarus laju pada jarak pendek.

- Feri Platform Putar

Feri dengan jenis ini memiliki platform yang dapat diputar untuk memuat kendaraan. Biasanya feri dengan jenis ini memiliki dimensi yang kecil.



Gambar 2. 8 Kapal Ferry dengan Platform Berputar
(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Skye_ferry_scotland.jpg
)

Di Indonesia yang paling sering digunakan adalah kapal *ferry* dengan jenis *ferry* Roro. Karena di Indonesia kapal ferry ini yang paling ekonomis dan penggunaan transportasi laut masih jarang digunakan daripada transportasi darat dan transportasi udara.

BAB III

METODOLOGI

Metodologi penelitian adalah kerangka dasar dari tahapan penyelesaian skripsi. Metodologi tersebut mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisis terhadap permasalahan skripsi.

3.1 Penentuan Jalur dan Kapal *Ferry* yang digunakan.

Menentukan rute penyeberangan dan data kapal *ferry*. Kemudian kapal yang dipilih akan diestimasi menggunakan *marine gas engine* (LNG).

3.2 Studi Literatur *Marine Diesel Engine* dan Kapal *Ferry*

Mendata spesifikasi dari *marine diesel engine* serta sistem penunjangnya. Spesifikasinya menggunakan spesifikasi *engine* yang telah dipakai pada kapal *ferry* Merak-Bakaheuni. Kemudian mencari tahanan dan EHP yang dibutuhkan oleh kapal *ferry* tersebut.

3.3 Menentukan *Marine Gas Engine*

Menentukan spesifikasi *marine gas engine* yang memiliki daya yang sama dengan *marine diesel engine* atau sesuai dengan perhitungan daya yang dibutuhkan dengan metode *Harvald*. Menentukan persyaratan-persyaratan teknis untuk penggunaan *marine gas engine* pada kapal *ferry* ro-ro.

3.4 Menghitung Penggunaan Bahan Bakar Diesel

Menghitung penggunaan bahan bakar diesel dari SFOC *diesel engine* yang digunakan, dikalikan dengan daya engine yang digunakan pada setiap moda operasi dan waktu yang digunakan pada setiap moda operasi.

$$V_{fuel} = \frac{BHP \times SFOC \times t}{\rho_{fuel}} (m^3)$$

3.5 Menghitung Penggunaan Bahan Bakar LNG

Menghitung penggunaan bahan bakar LNG dari SFOC *gas engine* yang digunakan, dikalikan dengan daya *engine* yang digunakan pada setiap moda operasi dan waktu yang digunakan pada setiap moda operasi.

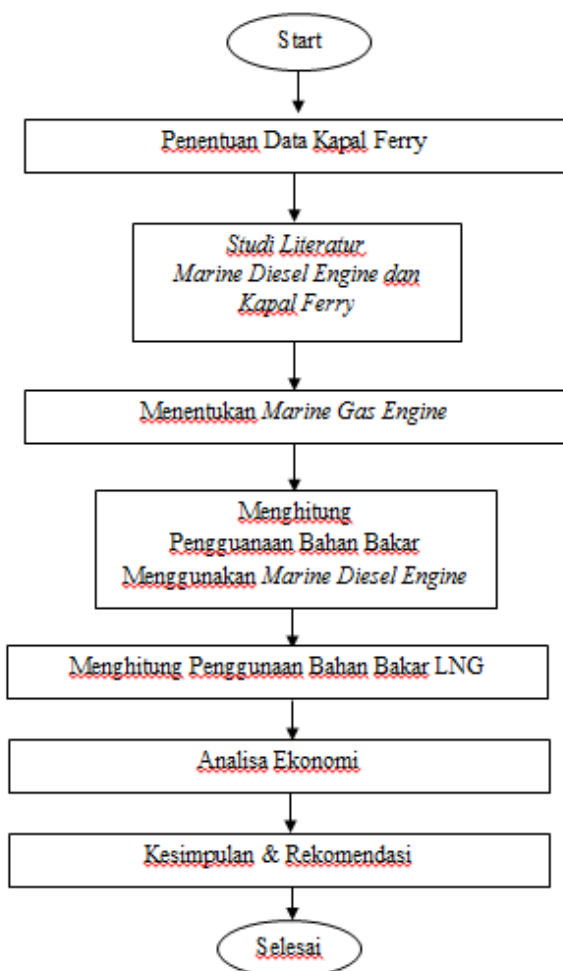
$$E_{LNG} = BHP \times SFOC \times t (mmbtu)$$

3.6 Analisa Ekonomi

Menghitung total biaya bahan bakar dengan menggunakan *marine diesel engine*. Menghitung NPV dari penghematan bahan bakar dengan penggunaan *marine gas engine* dengan estimasi interest rate 7,5% selama 10 tahun. Menghubungkan biaya investasi awal engine dan penghematan biaya bahan bakar menggunakan *gas engine*. Untuk mengetahui nilai dari NPV atas invetasi yang dilakukan. Menyimpulkan hasil ekonomis dari penghematan bahan bakar dari penggunaan *marine gas engine*.

3.7 *Flow chart* Metodologi Penelitian

Untuk *flow chart* pengerjaan skripsi ini dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 *Flow chart* pengerjaan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PEMBAHASAN

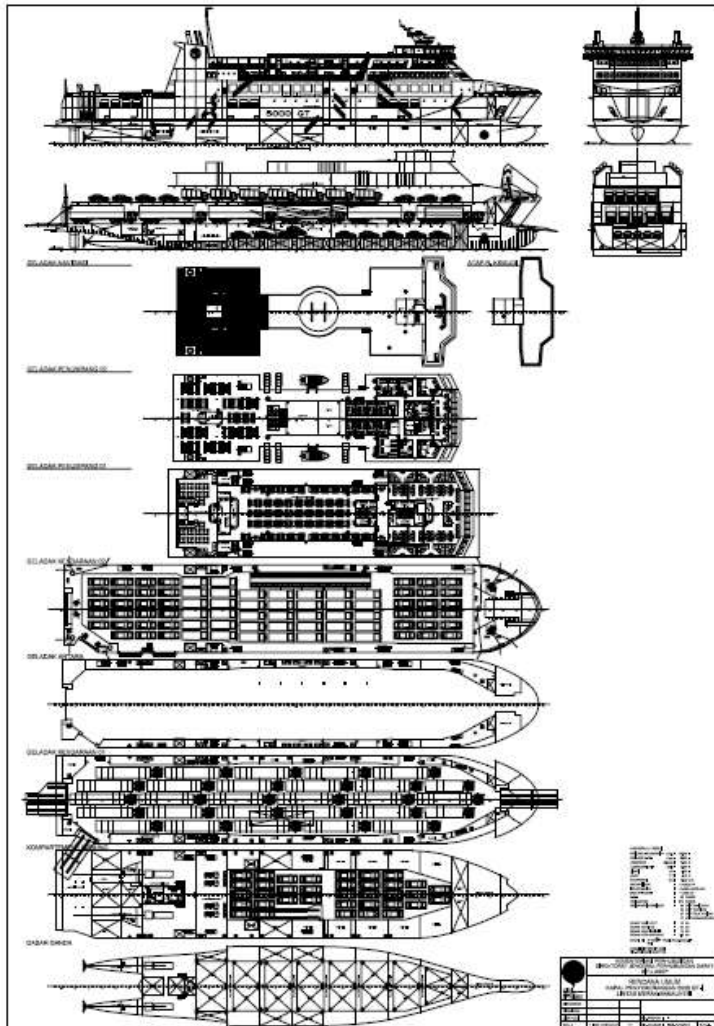
4.1 Data Kapal *Ferry Ro-Ro* dan Rute Penyeberangan

Rute pelayaran *ferry* yang dipilih adalah rute pelayaran Merak – Bakaheuni. Karena rute penyeberangan ini adalah salah satu rute penyeberangan yang paling ramai di Indonesia. Sehingga apabila hasil dari skripsi memiliki nilai yang positive akan memberikan keuntungan dari sektor ekonomi bagi perusahaan pelayaran.

☒ Informasi data kapal

Kapal yang digunakan didala penelitian kali ini adalah data yang diperoleh dari PT. Trakindo.

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1) Nama Kapal | : KMP Legundi |
| 2) Jenis Kapal | : Kapal Ferry Ro-Ro |
| 3) Loa | : 109.4 meter |
| 4) Lpp | : 99.2 meter |
| 5) Lebar Dek | : 19.6 meter |
| 6) Lebar Garis Air | : 18.94 meter |
| 7) Tinggi | : 5.6 meter |
| 8) Sarat maksimum | : 4.10 meter |
| 9) Kecepatan | : 16 knot |
| 10) Klasifikasi | : BKI |
| 11) Motor Induk | : 2x 3500 HP |
| 12) Motor Bantu | : 4 x 392 kW/490 kVA |
| 13) Bow Thruster | : 1 x 600 kW |



Gambar 4. 1 General Arrangement KMP Legundi

4.2 Perhitungan Tahanan Kapal

Perhitungan tahanan kapal ini berfungsi untuk mengetahui jumlah tahanan kapal berdasarkan koefisien-koefisien yang bergerak pada kapal yang telah dipilih.

$$\begin{aligned} Lwl &= Lpp + 3\% Lpp \\ 99.2 &+ (3\% \cdot 99.2) \\ 102.176\text{m} \end{aligned}$$

Cb sebesar 0.55

$$\begin{aligned} \text{Volume Displacement} &= Cb \times Lwl \times B \times T \\ &0.55 \times 102.176 \times 18.94 \times 4.1 \\ &4363.906 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Displacement} &= \text{Vol. Displacement} \times \rho \text{ air laut} \\ &4363.906 \times 1.025 \\ &4473.004 \text{ ton} \end{aligned}$$

Luas Permukaan Basah (s) =

$$\begin{aligned} &1.025 Lpp (Cb \times B + 1,7 T) \\ &1.025 \times 99.2 \times (0.55 \times 18.94 + 1,7 \times 4.1) \\ &1767.910 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan *Froud Number*

$$\begin{aligned} Fn &= \frac{v}{\sqrt{gLwl}} \\ v &= 16 \text{ knot} \\ &= 8.2304 \text{ m/s} \\ g &= 9.8 \text{ m/s}^2 \\ Fn &= 0.26009587 \end{aligned}$$

Perhitungan *Reynold Number*

$$R_n = \frac{VL}{\nu}$$

$$\begin{aligned} \nu &= \text{koefisien viskositas kinematis} \\ &= 1.188 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$R_n = 707869823.6$$

Perhitungan Koefisien Tahanan Gesek

$$\begin{aligned} C_f &= \frac{0.075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \\ &= 0.001598402 \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien Tahanan Sisa

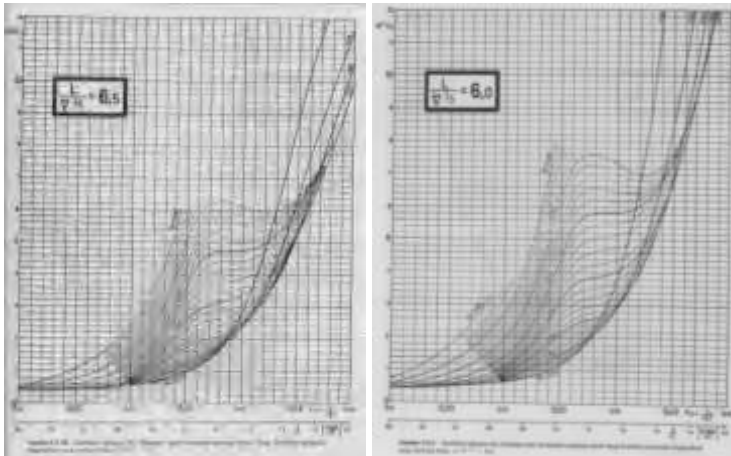
$$\frac{Lwl}{\nabla^{\frac{1}{3}}} = 6.252548814 = 6.25$$

Dimana koefisien prismaiknya adalah $= C_b/\beta$

$$\beta = (0.08 \times C_b) + 0.93 = 0.974$$

$$C_b/\beta = 0.564681725$$

Kemudian dicari nilainya pada kedua grafik berikut, yang nantinya akan dilakukan interpolasi.



Gambar 4. 2 Grafik $Lwl/\sqrt[3]{V} = 6.5$ dan $Lwl/\sqrt[3]{V} = 6$

Interpolasi

$$\frac{Lwl}{\sqrt[3]{V}} = 6.5 \text{ didapatkan nilai } 10^3 CR \text{ adalah } 0.75$$

$$\frac{Lwl}{\sqrt[3]{V}} = 6 \text{ didapatkan nilai } 10^3 CR \text{ adalah } 0.92$$

$$\begin{aligned} 10^3 Cr &= 0.92 + ((6.25-6) \times (0.75-0.92)/(6.5-6)) \\ &= 0.834133403 \\ &= 0.83 \end{aligned}$$

sehingga didapatkan Cr

$$Cr = 0.00083$$

Koreksi B/T

$$B/T = 4.619512195$$

$$10^3 Cr_2 = 10^3 Cr_1 + 0.16(B/T - 2.5)$$

$$= 1.173255355$$

$$Cr_2 = 0.00117$$

Anggota Badan Kapal

132 PENENTUAN TAHANAN KAPAL	
ANGGOTA BADAN KAPAL	
Daun kemudi	Tidak ada koreksi bentuk standar sudah mencakup daun kemudi.
Lunas bilga (lunas sayap)	Tidak ada koreksi
Bos baling-baling	Untuk kapal penuh C_R dinaikkan sebesar 3 – 5% (5.5.22)
Braket dan poros baling-baling	Untuk kapal ramping C_R dinaikkan sebesar 5 – 8%

Gambar 4. 3 Koreksi anggota badan kapal berdasarkan *Harvald*

$$\begin{aligned}
 Cr3 &= Cr2 \times 5\% \\
 &= 0.00123
 \end{aligned}$$

Tahanan Tambahan

Sehingga; displasemen

$$\begin{aligned}
 1000 &= 0.00060 \\
 10000 &= 0.00040
 \end{aligned}$$

Ca untuk kapal KMP Legundi dengan displasemen = 4473 ton

$$4473.00 = 0.00052$$

Beberapa pihak berpendapat bahwa koreksi yang diberikan di Bab 5.5.2.4 lebih sesuai, yaitu,

Displasemen		
1.000 t	$C_A =$	$0,6 \times 10^{-3}$
10.000 t	$=$	$0,4 \times 10^{-3}$
100.000 t	$=$	0
1.000.000 t	$=$	$-0,6 \times 10^{-3}$

(5.5.24)

Perlu disebutkan di sini bahwa koreksi untuk koefisien tahanan gesek ini masih agak meragukan.

Gambar 4. 4 Tahanan Tambahan berdasarkan Harvald

Tahanan Udara dan Tahanan Kemudi

Nilai koefisien tahanan udara dari kapal berdasarkan *harvald* adalah sebagai berikut

$$10^3 C_{AA} = 0.07$$

Dan untuk nilai koefisien untuk tahanan kemudi berdasarkan *Harvald* adalah sebagai berikut

$$10^3 C_{AS} = 0.04$$

Sehingga semua koefisien untuk mencari tahanan total sudah didapatkan dan langkah berikutnya adalah mencari koefisien total tahanan yang nantinya digunakan untuk menghitung tahanan total kapal.

TAHANAN UDARA DAN TAHANAN KEMUDI

Tahanan udara dapat ditentukan dengan memakai data mengenai struktur yang berada di atas air dan data udara. Namun demikian, besarnya tahanan udara umumnya tidak terlalu penting, dan upaya yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang tepat mungkin tidak memadai dengan pentingnya pengaruh udara tersebut. Karena itu, jika data mengenai angin dalam perancangan kapal tidak diketahui maka disarankan untuk mengoreksi $10^3 C_R$ sebagai berikut :

$$10^3 C_{AA} = 0,07 \quad (5.5.26)$$

Koreksi untuk tahanan kemudi mungkin sekitar

$$10^3 C_{AS} = 0,04 \quad (5.5.27)$$

tetapi tentu saja untuk kapal yang stabil dalam kondisi yang wajar koreksi tersebut dapat diabaikan.

Terlihat bahwa kedua koreksi tersebut kecil dan dalam perancangan awal koreksi ini umumnya sudah tercakup dalam tahanan tambahan.

Gambar 4. 5 Tahanan Udara dan Kemudi berdasarkan Harvald

Tahanan Total Kapal

Koefisien tahanan total kapal atau C_t , dapat ditentukan dengan menjumlahkan seluruh koefisien - koefisien tahanan kapal yang ada :

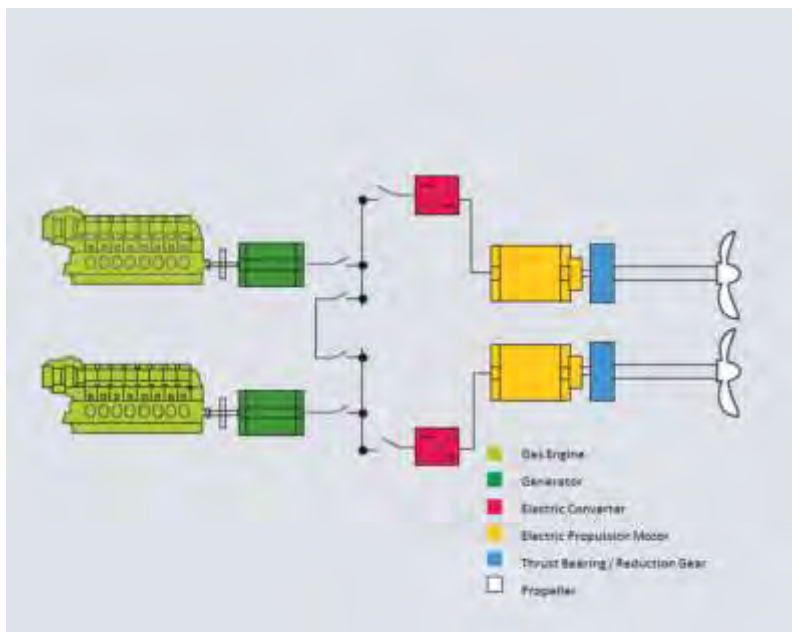
$$\begin{aligned} C_{\text{total}} &= C_f + C_r + C_a + C_{as} + C_{aa} \\ &= 3.46E-03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= C_{\text{tair}} \times 0.5 \times \rho_{\text{air laut}} \times V_s^2 \times S \\
 &= 212.760 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{tdinas}} &= (1+15\%) \times R_t \\
 &= 244.674 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.3 Daya yang Dibutuhkan

Setelah mendapatkan nilai tahanan dari kapal, setelah itu dicari daya yang dibutuhkan oleh kapal. Daya yang dibutuhkan adalah *Break Horse Power* setelah dibagi dengan efisiensi sistem propulsi yang telah direncanakan.



Gambar 4. 6 Skema Sistem Propulsi *Gas Engine (Generator Set)*

$$\begin{aligned}
 \text{EHP} &= R_t \times V_s \\
 &= 2013.763957 \quad \text{kW} \\
 &= 2737.952 \quad \text{HP}
 \end{aligned}$$

$$\text{DHP} = \text{EHP}/P_c$$

Dimana, $P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$

a. Efisiensi Lambung

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

–. Menghitung *Wake Friction* (w)

$$w = 0.5C_b - 0.05$$

$$= 0.5 \times 0.55 - 0.05$$

$$= 0.225$$

–. Menghitung *Thrust Deduction Factor* (t)
nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu

$$t = k.w \text{ (nilai } k \text{ antara } 0.7 \sim 0.9 \text{ dan diambil nilai } k = 0.9)$$

$$= 0.9 \times 0.225$$

$$= 0.2025$$

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

$$= 1.02903225$$

b. Efisiensi Relatif Rotatif (η_{rr})

Harga η_{rr} untuk kapal dengan *propeller* tipe *twin screw* berkisar 0.98 (*Principal Naval Architecture* hal 152) pada

perencanaan propeller dan tabung poros propeller ini diambil harga $\eta_{rr} = 0.98$

c. Efisiensi Propulsi (η_o)

η_o adalah *open water efficiency* yaitu efisiensi dari *propeller* pada saat dilakukan *open water test*. nilainya antara 40-70%, dan diambil : $\eta_o = 0.60$

d. *Coeffisien Propulsif* (P_c)

$$\begin{aligned} P_c &= \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o \\ &= 0.605 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DHP &= EHP/P_c \\ &= 2737.952/0.705 \\ &= 4525.010 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SHP &= DHP/\eta_H \\ &= 3878.58/0.923 \\ &= 4902.503 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$BHP = THP/\eta_{electric}$$

$$(\eta_{electric} = \eta_{electric \text{ motor}} * \eta_{converter} * \eta_{trafo} * \eta_{MSB} * \eta_{Generator})$$

$$\begin{aligned} \eta_{electric} &= 0.97 * 0.985 * 0.99 * 0.992 * 0.97 \\ &= 0.910178486 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BHP &= 4902.503/0.91 \\ &= 5386.309496 \text{ HP} \end{aligned}$$

Jadi untuk mendapatkan daya tersebut diperlukan 4 *Gas Engine Caterpillar* dengan tipe G3516C dengan daya sebesar :

Total daya genset = 4 x 1555 kW

= 6220 kW

Spesifikasi *Gas Engine (Generator Set)*



Gambar 4. 7 Caterpillar *Gas Engine (Generator Set)* G3516C
([http://s7d2.scene7.com/is/image/Caterpillar/C831969?\\$cc-g\\$](http://s7d2.scene7.com/is/image/Caterpillar/C831969?$cc-g$))

Tipe	: Caterpillar G3516C
Daya Engine	: 1622 kW
Daya Generator	: 1555 kW
Rpm	: 1500/1800 rpm
Freq	: 50/60 Hz
SFOC	: 8.52 MJ/bkw-hr
Fuel Type	: <i>Natural Gas</i>

4.3 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Kapal ferry memiliki 2 moda operasi yaitu saat masuk atau keluar pelabuhan dan saat menyeberang dengan kecepatan *service*. Konsumsi bahan bakar untuk kedua operasi ini akan berbeda. Saat keluar atau masuk pelabuhan kapal ferry hanya menggunakan 25% load dan saat menyeberang dengan kecepatan *service* menggunakan 80% load. Dimana waktu tempuh Merak menuju Bakauheni adalah 2 jam.

Moda operasi

- | | | |
|---------------------------|----------|----------|
| • Keluar/masuk pelabuhan. | 25% load | 20 menit |
| • Menyeberang | 80% load | 1,5 jam |

4.3.1 Menggunakan *Diesel Engine*

Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan saat menggunakan *diesel engine*:

- Keluar dan masuk pelabuhan

$$\text{Jumlah bahan bakar} = \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t$$

SFOC : *Specific Fuel Oil Consumption* (g/kwh.h)

BHP : Daya Engine (kw)

t : Waktu selama moda operasi (h)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bahan bakar} &= \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t \\ &= (184+5\%) \times 643.5 \times 2/3 \\ &= 0.082 \text{ ton} \\ &= 95.27 \text{ liter} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas hanya untuk satu buah *engine* saja. Sehingga untuk dua buah *engine* banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan adalah 190.54 liter.

- Menyeberang dengan kecepatan *service*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah bahan bakar} &= \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t \\
 &= (191+5\%) \times 2059.2 \times 1.5 \\
 &= 0.62 \text{ ton} \\
 &= 712.02 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas hanya untuk satu buah *engine* saja. Sehingga untuk dua buah *engine* banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan adalah 1424.04 liter.

Bila ditotal maka dibutuhkan bahan bakar sebesar 1614.58 liter solar untuk sekali perjalanan Merak – Bakauheni. Sehingga sekali trip membutuhkan bahan bakar sebesar 3229.16 liter.

Untuk sebulan operasi dengan setiap harinya melakukan *full trip* Merak – Bakauheni dibutuhkan bahan bakar sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Bahan bakar / bulan} &= \text{bahan bakar / hari} \times 30 \\
 &= 3229.16 \text{ liter} \times 30 \text{ hari} \\
 &= 96874.71 \text{ liter/bulan}
 \end{aligned}$$

4.3.1 Menggunakan *Gas Engine*

Untuk gas engine terdapat 2 skema yang digunakan. Skema yang pertama adalah keempat gas engine berjalan bersamaan. Skema yang kedua adalah saat keluar masuk pelabuhan hanya menggunakan beberapa *gas engine* yang digunakan disesuaikan dengan daya yang dibutuhkan, begitu juga saat menyeberang dengan kecepatan *service*.

Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan saat menggunakan *gas engine* dengan skema pertama dimana keempat engine menyala:

- Keluar dan masuk pelabuhan

$$\text{Jumlah bahan bakar} = \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t$$

SFOC : *Specific Fuel Oil Consumption* (MJ/kwh.h)
 BHP : Daya Engine (kw)
 t : Waktu selama moda operasi (h)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah bahan bakar} &= \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t \\ &= 10.7 \times 405.5 \times 2/3 \\ &= 2892.57 \text{ MJ}\end{aligned}$$

Perhitungan diatas hanya untuk satu buah *engine* saja. Sehingga untuk empat buah *engine* banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan adalah 11570.27 MJ.

- Menyeberang dengan kecepatan *service*

$$\begin{aligned}\text{Jumlah bahan bakar} &= \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t \\ &= 8.52 \times 1297.6 \times 1.5 \\ &= 16583.33 \text{ MJ}\end{aligned}$$

Perhitungan diatas hanya untuk satu buah *engine* saja. Sehingga untuk empat buah *engine* banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan adalah 66333.31 MJ.

Bila ditotal maka dibutuhkan bahan bakar sebesar 77903.58 MJ bahan bakar LNG untuk sekali perjalanan Merak – Bakauheni. Sehingga sekali trip membutuhkan bahan bakar sebesar 155807.16 MJ bahan bakar LNG.

Harga satuan bahan bakar LNG biasanya dalam mmbtu, sehingga untuk mempermudah perhitungan maka nilai dari MJ dikonversi terlebih dahulu menjadi mmbtu (1MJ = 0.00095 mmbtu).

Konversi:

$$155835.69 \text{ MJ} \times 0.00095 = 147.56 \text{ mmbtu}$$

Untuk sebulan operasi dengan setiap harinya melakukan *full trip* Merak – Bakauheni dibutuhkan bahan bakar sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Bahan bakar / bulan} &= \text{bahan bakar / hari} \times 30 \\ &= 147.56 \text{ mmbtu} \times 30 \text{ hari} \\ &= 4426.88 \text{ mmbtu/bulan} \end{aligned}$$

Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan saat menggunakan *gas engine* dengan skema kedua dimana saat keluar masuk pelabuhan hanya menggunakan beberapa *gas engine* yang digunakan disesuaikan dengan daya yang dibutuhkan, begitu juga saat menyeberang dengan kecepatan *service*:

- Keluar dan masuk pelabuhan
Daya yang digunakan adalah 25% dari total *diesel engine* yaitu:

$$\begin{aligned} 25\% \text{ total daya kapal} &= 25\% \times (2 \times 2574) \text{ kW} \\ &= 1287 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga dapat diatasi menggunakan 1 buah *diesel engine* dengan 100% load menghasilkan daya maksimal adalah 1555 ekW.

$$\text{Jumlah bahan bakar} = \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t$$

SFOC : *Specific Fuel Oil Consumption* (MJ/kwh.h)

BHP : Daya Engine (kw)

t : Waktu selama moda operasi (h)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bahan bakar} &= \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t \\ &= 8.52 \times 1666 \times 2/3 \\ &= 9462.88 \text{ MJ} \end{aligned}$$

- Menyeberang dengan kecepatan *service*
Daya yang digunakan adalah 80% dari total *diesel engine* yaitu

$$\begin{aligned} 80\% \text{ total daya kapal} &= 80\% \times (2 \times 2574) \text{ kW} \\ &= 4118.4 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga dapat diatasi menggunakan 3 buah *diesel engine* dengan 100% load sehingga menghasilkan daya 4665 ekW.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bahan bakar} &= \text{SFOC} \times \text{BHP} \times t \\ &= 8.52 \times 1622 \times 1.5 \\ &= 19872.9 \text{ MJ} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas hanya untuk satu buah *engine* saja. Sehingga untuk tiga buah *engine* banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan adalah 59618.70 MJ.

Bila ditotal maka dibutuhkan bahan bakar sebesar 69081.58 MJ bahan bakar LNG untuk sekali perjalanan Merak – Bakauheni. Sehingga sekali trip membutuhkan bahan bakar sebesar 138163.16 MJ bahan bakar LNG.

Harga satuan bahan bakar LNG biasanya dalam mmbtu, sehingga untuk mempermudah perhitungan maka nilai dari MJ dikonversi terlebih dahulu menjadi mmbtu ($1 \text{ MJ} = 0.00095 \text{ mmbtu}$).

Konversi:

$$138163.16 \text{ MJ} \times 0.00095 = 130.85 \text{ mmbtu}$$

Untuk sebulan operasi dengan setiap harinya melakukan *full trip* Merak – Bakauheni dibutuhkan bahan bakar sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Bahan bakar / bulan} &= \text{bahan bakar / hari} \times 30 \\ &= 130.85 \text{ mmbtu} \times 30 \text{ hari} \\ &= 3925.57 \text{ mmbtu/bulan} \end{aligned}$$

Sehingga dipilih menggunakan skema kedua dimana saat keluar masuk pelabuhan hanya menggunakan beberapa *gas engine* yang digunakan disesuaikan dengan daya yang dibutuhkan, begitu juga saat menyeberang dengan kecepatan *service*. Karena pada skema kedua penggunaan bahan bakar yang lebih hemat.

Namun untuk jumlah *gas engine* yang digunakan di dalam kapal tetap menggunakan 4 *gas engine* karena berhubungan dengan stabilitas kapal, tata ruang kapal, dan juga daya yang digunakan akan kurang dari daya *diesel engine* yang sebelumnya (2x3500HP) bila hanya menggunakan 3 buah *gas engine*.

4.4 Perhitungan dan Pemilihan LNG Tank, Vaporizer dan Electric Plant.

Sistem penunjang untuk *gas engine* ini memerlukan beberapa komponen antara lain adalah LNG Tank, Vaporizer dan juga *Electric Plant*. Dimana untuk LNG Tank:

4.4.1 Tangki Bahan Bakar LNG LNG

Kebutuhan bahan bakar perhari adalah sebesar 147,56 mmbtu. Sehingga bila di konversi menjadi volume akan menjadi sebesar 4,178.52 m³ dalam bentuk gas. LNG memiliki *volumetric efficiency* sebesar 1:600. Sehingga volume dari LNG adalah sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Volume LNG} &= 4,178.52 \text{ m}^3 : 600 \\ &= 6.96 \text{ m}^3 (\text{LNG})\end{aligned}$$

Volume LNG tersebut digunakan untuk menentukan tangki bahan bakar LNG yang akan digunakan untuk sistem penunjang *gas engine*. Kemudian dipilih tangki LNG dengan spesifikasi berikut:

Spesifikasi LNG Tank

Tipe	: Wartsila LNGPac 105
<i>Geometric Volume</i>	: 105 m ³
<i>Net Volume (90%)</i>	: 95 m ³
Diameter	: 3.5 m
<i>Tank Length</i>	: 16.7 m
<i>Tank Room</i>	: 2.5 m
<i>Total Length</i>	: 19.2 m
LNGPac <i>Empty Weight</i>	: 47 ton
<i>Tank Full Weight</i>	: 92 ton

Dimana dengan tangki bila diisi dengan hingga penuh dapat untuk 13 x trip Merak – Bakaheuni.

4.4.2 Vaporizer

Untuk *vaporizer* yang digunakan untuk sistem penunjang *gas engine* ini juga menggunakan Wartsila LNGPac. Selain tangki LNGWartsila LNGPac sudah terpasang *Vaporizer*, *Gas Valve Unit*, *Bunkering Line*, dan *Pressure Build-Up Unit*. Dimana kebutuhan LNG untuk *gas engine* minimum temperatur adalah sebesar 35°C, dan Wartsila LNGPac mampu menaikkan temperatur LNG hingga 45°C.

4.4.3 Electric Plant

Electric plant terdiri dari *electric converter* dan juga Motor Listrik. Pemilihan dari komponen – komponen tersebut disesuaikan dengan kebutuhan daya pada kapal yang digunakan pada penelitian ini. Maka digunakan komponen listrik sebagai berikut:

Electric Converter atau *Voltage Drive* menggunakan:

Tipe : GE MV7000



Gambar 4. 8 Tampilan dalam GE MV7000

Untuk motor listrik yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tipe : GE MV560
 Daya Motor Listrik : 2600 kW / 3500 HP
 RPM : 1800 rpm
 Poles : 8 poles
 (*Horizontal Wound Rotor MV Induction Motors*)

Sehingga untuk mendapatkan rasio putaran yang sesuai masih harus menggunakan *gearbox* dengan ratio 1: 3.

4.5 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi ini meninjau jumlah penghematan bahan bakar berdasarkan jumlah rupiah yang dapat dihemat bila menggunakan *gas engine*.

4.4.1 Biaya Bahan Bakar

Harga Pertamina untuk solar (*High Speed Diesel*) tidak bersubsidi daerah I (Jawa) adalah Rp. 9.950,- / liter atau 751,8,- US\$ / kL yang bersumber dari Penyesuaian Harga Jual Keekonomian BBM Pertamina Sektor Industri dan Bunker. Namun karena naik dan turun harga BBM tidak menentu dan pada data harga BBM yang didapatkan termasuk dalam harga BBM yang tergolong murah sehingga diambil kisaran harga BBM sebesar 8\$ per gallon.

Sehingga setiap bulannya dana yang dikeluarkan untuk bahan bakar solar adalah sebagai berikut:

$$1 \text{ gallon} = 3.78541178 \text{ liter}$$

$$\text{Jumlah BBM (l/bulan)} \times \text{harga BBM solar} = \text{biaya BBM (\$/bulan)}$$

$$96874.71 \text{ liter} / 3.78541178 \times 8 \text{ US\$} = 204,732.73 \text{ US\$/bulan}$$

Sehingga untuk setahun operasi dibutuhkan biaya bahan bakar sebesar:

$$204,732.73 \text{ US\$/bulan} \times 12 = 2,456,792.71 \text{ US\$/tahun}$$

Data harga paling terbaru untuk harga LNG di Indonesia berdasarkan *World Bank* adalah 12.75 US\$/mmbtu. Sehingga setiap bulan dana yang dikeluarkan nantinya untuk bahan bakar LNG adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah LNG (mmbtu/bulan)} \times \text{harga LNG} = \text{biaya LNG (\$/bulan)}$$

$$3925.57 \text{ mmbtu} \times 12.75 \text{ US\$} = 50,051.06 \text{ US\$/bulan}$$

Sehingga untuk setahun operasi dibutuhkan biaya bahan bakar sebesar:

$$50,051.06\text{US\$}/\text{bulan} \times 12 = 600,612.67\text{US\$}/\text{tahun}$$

Bila dirupiahkan adalah Rp8,02miliar / tahun

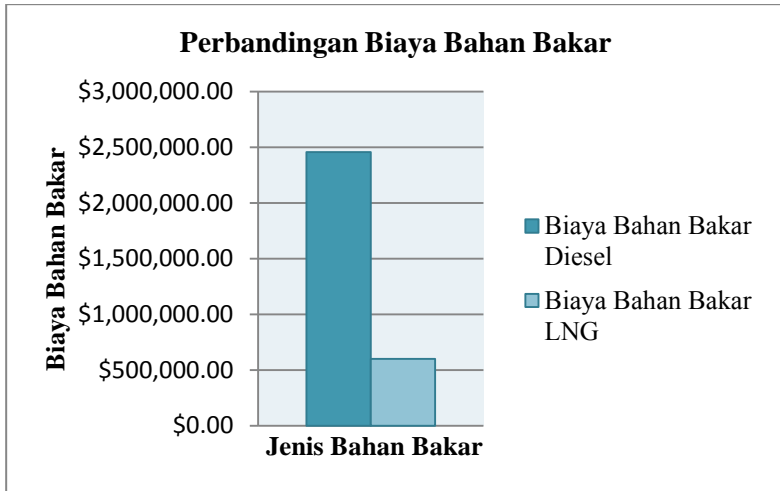
4.4.2 Penghematan Biaya Bahan Bakar

Biaya bahan bakar adalah biaya yang paling besar dibandingkan biaya pengeluaran yang lainnya dan juga biaya yang paling krusial. Sehingga bila biaya bahan bakar dapat dihemat maka akan sangat menguntungkan. Berikut adalah perhitungan penghematan biaya bahan yang dapat diperoleh bila menggunakan *gas engine* dengan bahan bakar LNG.

Biaya Solar – Biaya bahan bakar LNG = Nilai Penghematan

Biaya bahan bakar pertahun:

- Solar : 2,456,792.71US\$/tahun
- LNG : 600,612.67US\$/tahun



Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Biaya Bahan Bakar

Sehingga penghematan bahan bakar didapatkan sebesar:

Fuel Saving : 1,856,180.03 US\$/tahun

4.4.3 Perhitungan Investasi

Perhitungan invetasi ini untuk mengetahui apakah dengan investasi berupa *gas engine* ini dapat memberikan hasil yang positif atau negatif. Pada perhitungan investasi ini data *income* yang dimasukkan adalah penghematan bahan bakar yang didapatkan saat menggunakan *gas engine* dengan bahan bakar LNG.

Dilakukan percobaan apakah dengan penghematan bahan bakar saja dapat memberikan dampak baik untuk investasi ini. Kemudian nilai *discount rate* dan juga *inflation rate* juga harus didapatkan untuk perhitungan investasi ini.

Berdasarkan Bank Indonesia *diskon rate* dan *inflasion rate* yang digunakan adalah sebagai berikut:

Discount rate : 7,5%

Inflation rate : 7,26%

Investasi ini diperhitungkan untuk jangka waktu 10 tahun kedepan. Nilai *initial cost* atau nilai modal awal di dapatkan dari harga keempat gas engine caterpillar G3516C yaitu sebesar:

Gas Engine CAT G3516C : US\$1,296,900.00/unit

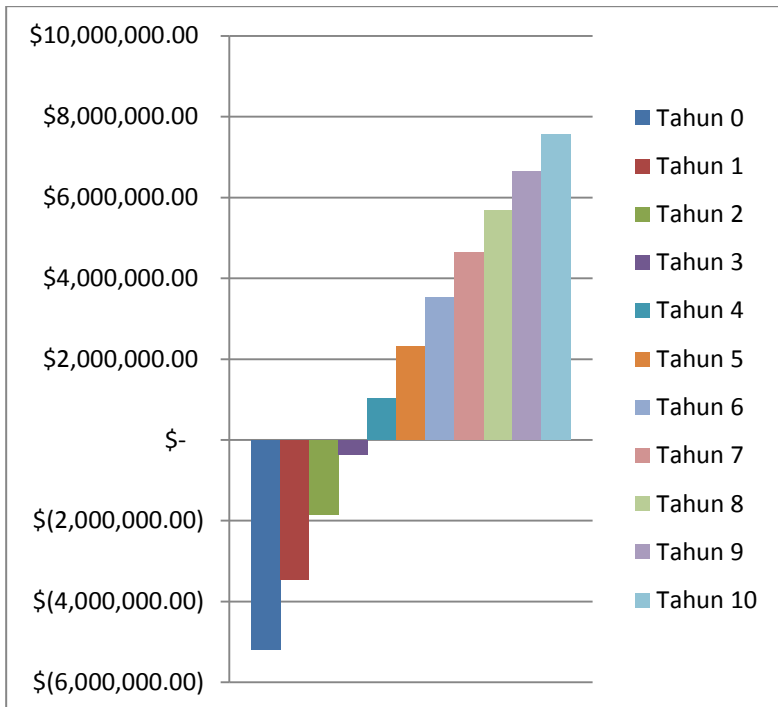
Dikarenakan kekurangan data harga untuk Wartsila LNGPac dan komponen – komponen *electric plant* maka yang digunakan sebagai *initial cost* hanyalah harga *gas engine* saja.

Sehingga nilai *initial cost* : US\$5,187,600.00

Perhitungan NPV dan IRR dari *fuel saving*

Tabel 4. 1 NPV dari *fuel saving*

YEAR	NET BENEFIT	PV
0	\$ (5,187,600.00)	\$ (5,187,600.00)
1	\$1,856,180.03	\$ 1,726,679.10
2	\$1,856,179.96	\$ 1,606,213.06
3	\$1,856,179.89	\$ 1,494,151.62
4	\$1,856,179.82	\$ 1,389,908.43
5	\$1,856,179.74	\$ 1,292,938.02
6	\$1,856,179.67	\$ 1,202,733.00
7	\$1,856,179.60	\$ 1,118,821.35
8	\$1,856,179.53	\$ 1,040,764.01
9	\$1,856,179.45	\$ 968,152.53
10	\$1,856,179.38	\$ 900,606.97
NPV		\$ 7,553,368.08
IRR		34%



Gambar 4. 10 Grafik PV Setiap Tahun

Dari hasil perhitungan NPV dari investasi ini menghasilkan nilai NPV positif sebesar 7,553,368.08US\$ dan IRR yang juga positif sebesar 34%. Sehingga investasi ini dianggap feasible hanya untuk investasi *engine* saja karena harga komponen penunjang lainnya masih belum terdapat dalam investasi ini. Kemudian dari proyek ini dapat balik modal dalam jangka waktu 4 tahun atau *payback period*-nya adalah 4 tahun hanya untuk investasi *engine* saja. Pemasukan dari *fuel saving* saja cukup dalam mengatasi investasi *gas engine*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melaksanakan seluruh proses pengerjaan skripsi dan proses pengolahan data yang ada, dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menjawab tujuan awal penulisan ini, yaitu:

1. Dalam konversi *gas engine* harus diperhatikan daya yang dibutuhkan kapal telah terpenuhi. Setidaknya sama dengan daya engine. Sistem penunjang yang akan digunakan seperti tangki LNG, *vaporizer*, dan *electric plant*.
2. *Initial Cost* yang dibutuhkan dalam investasi ini adalah sebesar US\$5,187,600.00.
3. *Net Present Value* dari penghematan bahan selama sepuluh tahun ini didapatkan senilai 7,553,368.08US\$. *Internal Rate of Return* dari investasi ini didapatkan sebesar 34%. Sehingga investasi ini *feasible* jika hanya mengandalkan *fuel saving* dan *initial cost* hanya menggunakan *gas engine*. *Payback period* dari investasi ini adalah 4 tahun.
4. Penghematan bahan bakar yang dapat dilakukan setiap tahunnya adalah 273,352.20US\$/tahun

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Untuk konversi dari menjadi *gas engine* harus dipertimbangkan semua pendapatan dan pengeluaran

serta komponen sistem penunjang *gas engine* agar investasi ini *feasible*.

2. Investasi ini lebih menguntungkan pada pembangunan kapal baru. Sehingga lebih dapat dioptimalisasi dalam aspek teknis dan ekonomis.
3. Dapat diteliti lebih lanjut mengenai desain propulsi *gas engine* dengan bahan bakar LNG untuk kapal *ferry* dan peletakan tangki LNG terhadap mobilitas kapal *ferry*.
4. Dapat diteliti juga studi kelayakan dengan menggunakan bahan bakar CNG untuk kapal *ferry*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hermawan, Heru. *Rolling In the Deep? A Perspective Toward Gas Era in Indonesia Maritime*. 2014
- [2] American Clean Skies Foundation, *Natural Gas For Marine Vessels U.S Market Opportunities*. 2012
- [3] Djamaris, Aurino. *Panduan Analisis Investasi*. 2007
- [4] Sv.Aa.Harvald, *Tahanan dan Propulsi Kapal*
- [5] Yanmar diperoleh dari.
<www.yanmar.com/global/marinecommercial/propulsion_engine-medium_speed/6n330w/>
- [6] Nainggolan, Victor Clinton. *Laporan Kerja Praktek Nusantara Regas*. Surabaya. 2014
- [7] Caterpillar diperoleh dari.
<http://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/electric-power-generation/gas-generator-sets/18475658.html>
- [8] Adj, Surjo W. *Engine Propeller Matching*. 2005
- [9] Adj, Surjo W. *Resistance & Propulsion, Modul 1: Introduction to Ship Resistance*. 2009
- [10] Yanmar Engine Project Guide
- [11] Caterpillar Engine Project Guide
- [12] General Electric Company. *MV Induction Motors*. 2014
- [13] General Electric Company. *MV7000 Reliable, high performance medium voltage drive*. 2013
- [14] Karlsson, Sören. *Enabling the safe storage of gas onboard ship with the Wartsila LNGPac*. 2010

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Model		6N330-UW	6N330-SW	6N330-EW
Specific Fuel Consumption	Rated Output	2207	2427	2574
	kW(PS)			
	g/kW·h	187+5%	189+5%	191+5%
75% Load		183+5%	183+5%	184+5%
<p>At full load when using the diesel oil of low calorific value of 42.7MJ/kg without engine driven pumps. Based on the standard reference conditions of ISO 3046/1 and NOx level to meet IMO Tier2 exhaust gas regulation.</p> <p>To be added the following value when the engine has own driven pumps.</p> <p>L.O. pump : +3 g/kW·h , C.W. pump : +1 g/kW·h , In Case of Geared Engine, Gear Loss Power is to be Plus 4%.</p>				

BIODATA PENULIS



Pennulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 18 Mei 1993. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Pendidikan yang ditempuh penulis di SDK Santo Yusup Tropodo 1999-2005, SMPK Santo Yusup Tropodo, 2005-2008, SMAK Frateran Surabaya 2008-2011. Kemudian penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya pada tahun 2011-2015 dengan NRP 4211100110. Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan dan organisasi seperti Marine Icon 2012, Marine Icon 2013, Himasiskal ITS pada tahun 2013-2014, Sekolah Pengader ITS tahun 2013, Grader Laboratorium Mesin Fluida Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS, Ketua OMK Wilayah Elisabet Paroki Salib Suci Tropodo 2014-2018. Selain itu penulis juga turut serta dalam perlombaan seperti Lomba Basket Rektor Cup ITS tahun 2012, 2013, 2014 dan ITS Basketball League tahun 2015.

“We do the best and let God do the rest”